

出國報告（出國類別：開會）

## 出席 2011 環境技術使用者研討會

服務機關：台灣電力股份有限公司

姓名職稱：黎瑞雍 一般工程師

派赴國家：美國

出國期間：100 年 6 月 18 至 6 月 25 日

報告日期：100 年 8 月 17 日

## 出國報告審核表

出國報告名稱：出席 2011 環境技術使用者研討會		
出國人姓名(2人以上,以1人為代表)	職稱	服務單位
黎瑞雍	一般工程師	台電公司環境保護處
出國類別	<input type="checkbox"/> 考察 <input type="checkbox"/> 進修 <input type="checkbox"/> 研究 <input type="checkbox"/> 實習 <input checked="" type="checkbox"/> 其他 <u>國際會議</u> (例如國際會議、國際比賽、業務接洽等)	
出國期間：100年6月18日至100年6月25日		報告繳交日期：100年8月17日
出國計畫主辦機關審核意見	<input checked="" type="checkbox"/> 1.依限繳交出國報告 <input checked="" type="checkbox"/> 2.格式完整(本文必須具備「目的」、「過程」、「心得」及「建議事項」) <input checked="" type="checkbox"/> 3.無抄襲相關出國報告 <input checked="" type="checkbox"/> 4.內容充實完備 <input checked="" type="checkbox"/> 5.建議具參考價值 <input type="checkbox"/> 6.送本機關參考或研辦 <input type="checkbox"/> 7.送上級機關參考 <input type="checkbox"/> 8.退回補正,原因: <input type="checkbox"/> 不符原核定出國計畫 <input type="checkbox"/> 以外文撰寫或僅以所蒐集外文資料為內容 <input type="checkbox"/> 內容空洞簡略未涵蓋規定要項 <input type="checkbox"/> 抄襲相關出國報告之全部或部分內容 <input type="checkbox"/> 電子檔案未依格式辦理 <input type="checkbox"/> 未於資訊網登錄提要資料及傳送出國報告電子檔 <input type="checkbox"/> 9.本報告除上傳至出國報告資訊網外,將採行之公開發表: <input type="checkbox"/> 辦理本機關出國報告座談會(說明會),與同仁進行知識分享。 <input type="checkbox"/> 於本機關業務會報提出報告 <input type="checkbox"/> 其他_____	
	<input type="checkbox"/> 10.其他處理意見及方式:	

說明：

- 一、各機關可依需要自行增列審核項目內容，出國報告審核完畢本表請自行保存。
- 二、審核作業應儘速完成，以不影響出國人員上傳出國報告至「政府出版資料回應網公務出國報告專區」為原則。

報告人	審核人	單位	主管處	總經理
		主管	主管	副總經理

## 行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：出席 2011 環境技術使用者研討會

頁數 24 含附件：是否

出國計畫主辦機關/聯絡人/電話：

台灣電力公司人力資源處/陳德隆/02-23667685

出國人員姓名/服務機關/單位/職稱/電話：

黎瑞雍/台灣電力公司/環境保護處/一般工程師/02-23667228

出國類別：1 考察2 進修3 研究4 實習5 其他

出國期間：100 年 6 月 18 至 6 月 25 日 出國地區：美國

報告日期：100 年 8 月 17 日

分類號/目

關鍵詞：環保設備、空氣污染排放、最大可行控制技術

內容摘要：(二百至三百字)

此次出席佛羅里達州坦帕市舉辦之 2011 年環境技術使用者研討會係為各業者對 Bobcock&Wilcox 公司(以下簡稱 B&W)所規劃之環保設備所提出之使用情況進行討論，並藉由研討會方式分享各業者之營運經驗及未來規劃方向，B&W 亦於研討會中展示應用於新設及既有火力發電廠減少硫氧化物、氮氧化物、粒狀污染物及汞等空氣污染物排放之最新發展技術，最後再以大會方式討論美國未來最大可行控制技術(Maximum Achievable Control Technology；MACT)之發展。本公司派員參與此盛會可與各業者互相交換使用 B&W 環保設備之經驗分享、空氣污染物排放情形、營運經驗及既有機組後續之更新改善資訊，俾利台電公司未來環保防制設施於新設規劃與既有火力發電廠的改善評估的參考。

本文電子檔已傳至出國報告資訊網 (<http://open.nat.gov.tw/reportwork>)

# 目 次

壹、出國緣起與任務-----	1
貳、行程紀要-----	3
參、電廠空氣污染物控制與改善技術的評估-----	4
一、氮氧化物防制技術-----	4
二、粒狀污染物防制技術-----	12
三、硫氧化物防制技術-----	13
四、汞防制技術-----	14
肆、美國環保法規之發展-----	20
伍、心得與建議-----	24

## 壹、出國緣起與任務

由於近幾年的空氣品質惡化，台灣西部多數縣市已公告為三級防制區，而大型開發案陸續通過環評，未來生產運轉後勢必對三級防制區縣市帶來更沉重的污染負荷，因此環保署於近年訂定與修訂相關之法規，以下則針對影響較大者進行陳述。

99 年 8 月訂定執行原則為「三級防制區既存固定污染源減量改善至二級防制區行動計畫」，行動計畫包括容許排放量削減及實質減量二大主軸主要係為推動三級防制區既存固定污染源減量，促進空氣品質改善至二級防制區，特針對三級防制區已取得操作許可證之既存固定污染源減量作業，訂定建議執行流程與方式，做為審核機關執行之參考，執行流程分為三階段：

- 第一階段的縣市減量目標由環保署訂定。
- 第二階段由環保局分析轄內工廠污染特性及許可與實際排放量的差異後，篩選出指定對象。
- 第三階段則開始推動排放削減計畫，惟未來公私場所於申請展延或異動時將必須依實際操作情形削減核定排放量或提具排放量削減計畫，承諾排放量削減做法與期程。

另環保署於本(100)年 4 月 22 日委託中興工程顧問公司檢討與研修 83 年 5 月 4 日公告之「電力設施空氣污染排放標準」，其修訂內容與台電公司有關為汽力、複循環及外島發電機組之排放規定，相關影響甚大，台電公司雖立即召開因應會議並研擬方案，但環保署是否將空污法第 20 條有關地方權限改由中央統一標準則為關鍵，否則各縣市仍保留競相再加嚴之機制，將造成業者營運之困境與投資之風險。

此次有幸出席在佛羅里達州坦帕市舉辦之 2011 年環境技術使用者研討會，瞭

解各業者之環保設備營運經驗、未來規劃方向及燃煤發電廠空氣污染物有關之問題對策，並深入了解 Babcock&Wilcon company(以下簡稱 B&W 公司)於新設及既有火力發電廠減少硫氧化物、氮氧化物、粒狀污染物及汞等空氣污染物排放之最新發展技術及因應美國未來最大可行控制技術之發展規劃，因美國環保署所訂定之相關法規似為各國訂定相關標準之參考，故此行對台電公司未來因應法規所規畫之環保防制設施於新設規劃與既有火力發電廠的改善評估有所助益。

## 貳、行程紀要

日期	行程	工作內容
6/18~6/19	台北→洛杉磯→坦帕	往程
6/20~6/23	坦帕	環境技術使用者研討會
6/24~6/25	坦帕→洛杉磯→台北	返程 註：因申請順道觀光 2 日，實際返程日期為 6/26~6/27

## 參、電廠空氣污染物控制與改善技術的評估

### 一、氮氧化物防制技術

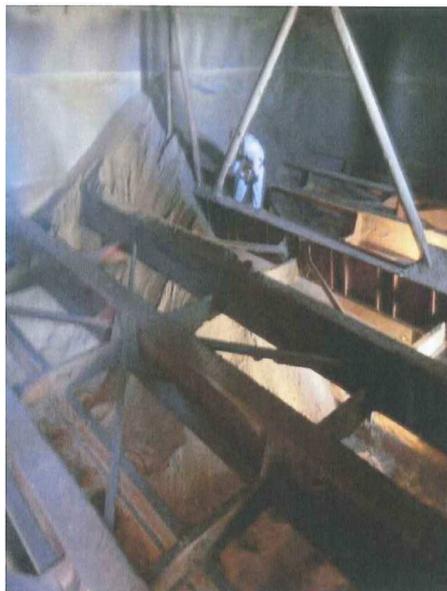
(一)案例探討既有燃煤汽力機組增設選擇性觸媒還原設備(以下簡稱 SCR 設備)系統。

#### 1.基本條件

美國密西根州某燃煤電廠之 3 號機組 835MW，原鍋爐設計煤質為 100%西部煤 (Eastern coal)，於 2007 年時因鍋爐改設計煤為 100% PRB coal，此煤之特性為低熱值、高灰份與低硫份，此時規劃增設 SCR 系統，除降低 NO<sub>x</sub> 排放外亦為符合 2009 年 CAIR 法規之要求，該系統規範廠家須包含有粗灰阻絕設備(large particle ash screen, LPASF)、煙氣混合裝置，並於 SCR 設備前後增設空壓式吹灰器以避免飛灰阻塞觸媒，其觸媒型式為蜂巢式(honey comb type)，孔徑為 5.7mm，該系統已於 2007 年改善完成。

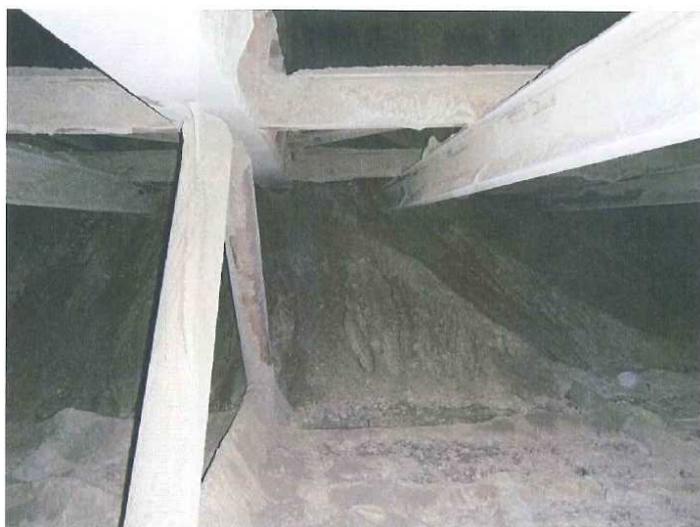
#### 2.狀況概述及改善方式

於 2009 年春季，廠方人員發現機組開始有大顆粒之粗灰阻塞 SCR 設備，且其尺寸呈逐漸增加之趨勢，即使操作人員增加空壓式吹灰器之吹灰次數，其狀況仍不見改善，且愈來愈嚴重，為減少粗灰阻塞 SCR 設備之次數，因此廠方人員認為應是粗灰阻絕設備到達該更換的周期，因此在該年度之大修進行粗灰阻絕設備之更換動作。



大顆粒之粗灰阻塞 SCR 設備情況

於 2009 年 12 月，機組開始呈現不穩定之壓損增加，係因粗灰之累積造成，不久後粗灰又開始嚴重阻塞 SCR 設備，甚至影響到後方引風機之運轉，致該部機組不得不採取多次旁通措施，藉旁通期間儘速進行 SCR 設備之清灰動作，以避免因 SCR 設備壓損過大發生機組突然跳機之情形。



大量粗灰阻塞 SCR 設備情況

經過前項事件廠方開始檢討 SCR 系統之整體規劃，又因該系統距改善完成已屆 2 年，若仍須維持 81.5% 之脫硝效率，目前需進行部分觸媒更新，此時技術顧問公司及廠方員工提及許多文獻顯示平板式觸媒因其結構强度高，其孔徑可較蜂巢式觸媒大，藉此可有效防止粗灰阻塞觸媒，因此決定將須更換之觸媒全部換成孔徑為 6.5mm 平板型式，然而運轉一定期間後發現粗灰仍不時阻塞 SCR 系統，尤以觸媒入口及旁通煙道側堆積最為嚴重。

由於粗灰阻塞之情形無法獲得解決，廠方遂進一步要求廠家進行 CFD 模擬(Computational Fluid Dynamics, 電腦流場模擬)，經解析後發現該機組於省煤器出口段之煙氣流速偏高；達 90-100 ft/sec(一般設置此處之粗灰阻絕設備的設計流速為 60-100 ft/sec)，裝設於此處之設備勢必遭受嚴重的磨損及破壞，此係為粒灰阻絕設備之柵網一直被破壞之主因，故請廠商重新設計及規劃適用之粗灰阻絕設備，重新改善後之粗灰阻絕設備排列方式似鴿子尾(dove-tail)，孔型為六角形(5.11 mm FF)，其使用材料為具抗衝擊材質，鍍上抗磨損之塗層，並裝設有電磁式敲擊系統，以便往後進行線上清灰動作，經 CFD 模擬結果推測此改善可有效改善其流場分佈，SCR 系統之觸媒阻塞情形亦可減緩。

改善工程完成後，粗灰阻絕設備與選擇性觸媒還原設備上之積灰情況如推測結果已有所改善，另飛灰造成壓差變動之情形亦有效解決，以運轉時之測量數據顯示，經過選擇性觸媒還原設備之壓力損失差異很小變動不大，其值為 1.2-1.4 英吋，經過粗灰阻絕設備之壓差雖然有一點超出預期，但其變動數值仍維持在合理範圍之內，其值為 2.0-2.5 英吋。

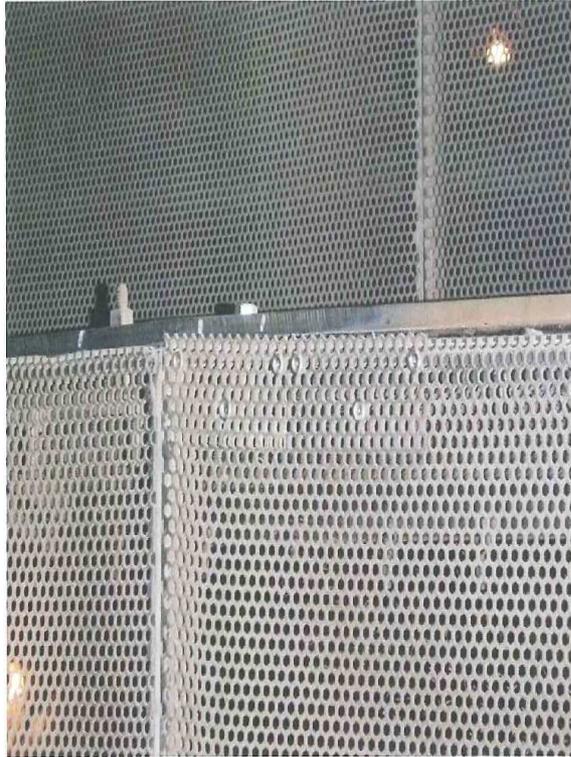
有關既有與新設之粗灰阻絕設備的相關圖片如下所示。



既有粗灰阻絕設備結構及柵網被粗灰破壞情形



改善後粗灰阻絕設備結構



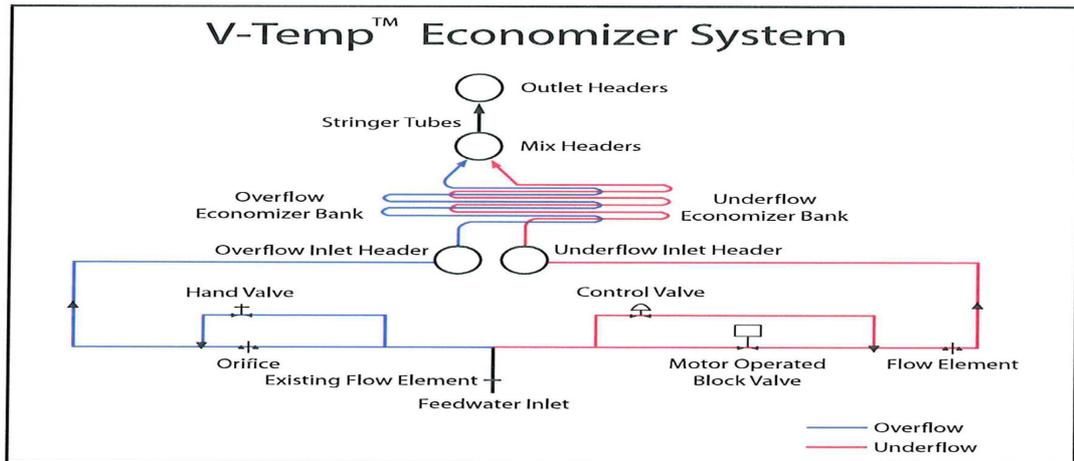
改善後粗灰阻絕設備之柵網型式

## (二)既有燃煤汽力機組於省煤器增設 V-Temp

因本國環保署於 99 年 7 月 12 日「固定污染源最佳可行控制技術」修正草案中欲針對燃煤火力機組之起火及停機期間的氮氧化物進行管制，然而觸媒有一定之操作溫度，其溫度範圍約為攝氏 300~450 度，參考本公司燃煤機組目前之運轉現況約於 50 MCR(Maxium Continuous Rating; 鍋爐連續最大蒸發量)以上時煙氣溫度可達觸媒溫度範圍的標準，因此本公司除建議煙氣溫度到達觸媒溫度範圍的使用下限攝氏 300 度時或運轉在大於 50MCR 時再進行管制為宜。

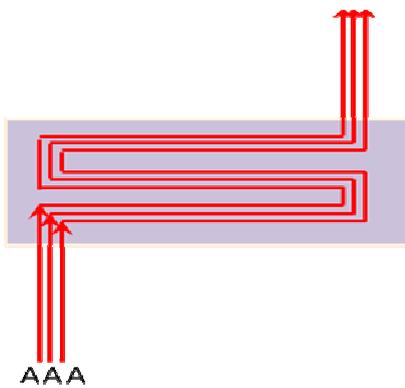
(註：以台中發電廠而言 50MCR 約等於 52%之鍋爐負載(290MW))

本人於使用者會議中提出上述議題時，B&W 公司說明低負載時可藉由降低省煤器之吸熱能力，以迅速提升煙氣進入觸媒之溫度，此迅速提升煙氣溫度之方式簡圖如下所示：

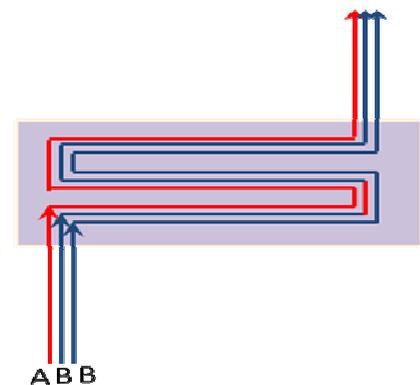


可得到之效益如下：

1. 可於低負載時使觸媒達其適宜脫硝之溫度範圍，以減少氮氧化物排放濃度。
2. 溫度迅速提升可使空氣中之水霧變成水蒸氣，因減少水霧與觸媒接觸之量及時間，故可延長 SCR 觸媒之使用壽命。



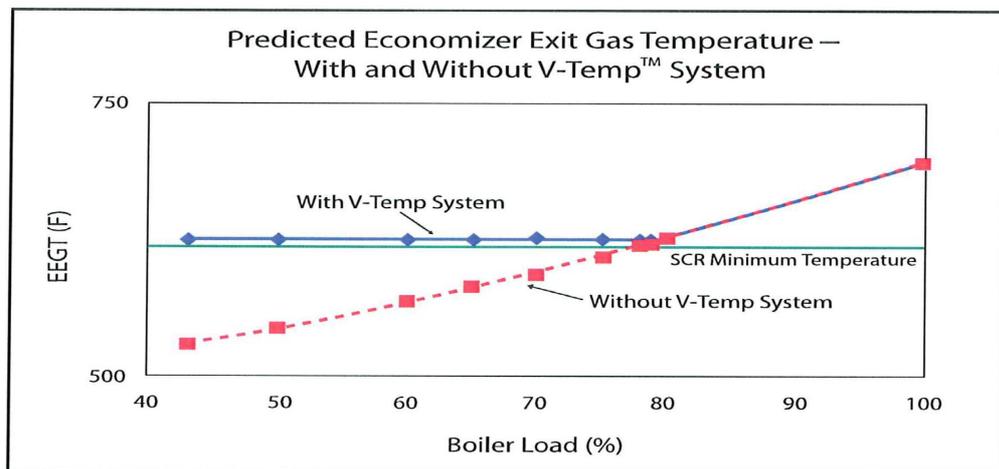
原始省煤器之設計



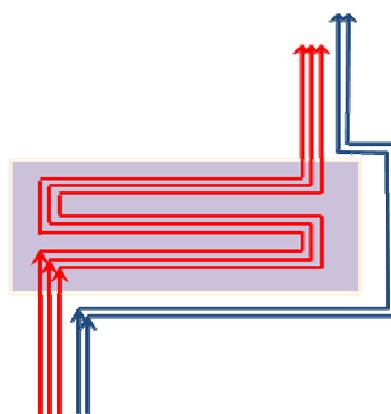
V-Temp

左側為原始省煤器之設計，右側為 B&W 之 V-Temp 設計，主要係將原部分管路增設節流閥(如圖示之 B 管路)，其作動時間點為鍋爐低負載之情況，藉由減少進入省煤器之流量，降低省煤器從煙氣帶走之熱量，因此煙氣溫度即可於節流期間有所提升，當溫度到達 SCR 系統之觸媒操作溫度

時則可逐漸取消節流限制，恢復省煤器原有之吸熱能力，以下圖式說明在未裝設 V-Temp 前通過省煤器之煙氣若要到達 SCR 系統之觸媒操作溫度，機組須提升鍋爐負載至 80% 鍋爐負載(台中發電廠為 52% 之鍋爐負載)，省煤器後端之煙氣才可達到觸媒之溫度範圍。



為達煙氣迅速提升之功能，另一可行方式為於省煤器之外側新增旁通管，以利低負載時之流量分歧進而減少進入省煤器之流量，簡要概述如下圖所示。



增加旁通管道

以下係針對 V-Temp 與增加旁通管道針對相關疑慮比較說明。

1. 是否會犧牲鍋爐效率來迅速提升煙氣溫度?

說明：

省煤器所逸失之熱量，可在 SCR 系統後端之空氣預熱器中有效回收，因此使用 V-Temp 對鍋爐效率衝擊是非常小，除非在使用很久後或許才會產生空氣預熱器回收效率些許下降之情況發生，增加旁通管道之設計所發生之現象亦然。

2. V-Temp 所新增之節流閥是否會因承受壓力較大，易改變整體省煤器之流量分佈、管路磨損及破壞等？

說明：

雖然其管道會區分為二種流量，但其溫度之差異性不大，其 V-Temp 設計時即具有平衡溫度變化其流量之系統，然而增加旁通管道之設計因新增管道在省煤器之外部，該部分之液體溫度甚低，當與省煤器內部管道之流體彙合時，彙合端因冷熱差異甚大極有可能與原有管道於結合處產生熱衝擊。

3. 管道是否須新增？

說明：

以 V-Temp 而言，其設計為利用既有管道區分為二種流量，僅針對部分管道增加節流閥，而增加旁通管道之設計除須新增管線外，為降低省煤器之吸熱能力須另分配流體予旁通管道，再於後端進行彙合，操作期間還須確保省煤器內部管線是否會因流體之不足而有過熱之情況發生，故此方式之流量控制複雜度將較 V-Temp 困難。

### (三)燃油汽力機組

因本國環保署欲修訂固定污染源電力設施排放標準，其中燃油汽力機組之氮氧化物排放濃度將訂為 70 ppm，經詢問 B&W 意見，其提出之建議方式為加大煙氣再循環風扇之抽取量，亦即增加風扇抽風量大小，其優缺

點如下所述：

- 優點：降低火球溫度，使熱效應產生之氮氧化物(thermal NOx)降低，另因含氧量減少亦會間接減少燃料成份所產生之氮氧化物(fuel NOx)，相關文獻顯示有滿載時之氮氧化物排放濃度將可由改善前之 180ppm 降至 105ppm，減少幅度達 41%。
- 缺點：因燃燒而產生之總熱量不變，鍋爐前端溫度降低即代表鍋爐後端之溫度會較以往提高，因此鍋爐後端之再熱與過熱器須更換能承受較高溫度之材料。

B&W 所建議之改善方案雖無法達到本國環保署欲訂立之氮氧化物排放標準，但仍提供燃油機組改善氮氧化物排放濃度之思考方式，可做為電廠未來運轉之參考。

## 二、粒狀污染物防制技術

### (一)相關營運問題與答覆內容

1. 目前台中與興達發電廠等燃煤電廠，其空氣污染物防制設備配置為先經過脫硝後再進行粒狀污染物與硫氧化物之去除，在脫硝過程中難免會有過多之氨氣逸散，其與硫氧化物接觸後將產生硫酸銨或硫酸氫銨，係為黏稠之黑色化合物，該物質會於 SCR 後端之空氣預熱器及靜電集塵器造成堵塞，其中空氣預熱器堵塞時可藉由單邊降載水洗之方式去除，靜電集塵器堵塞時則無法以隔離各區域之方式進行水洗，國外是否有相關清除機制以供參考。

說明：

發生上述情況之前題為燃煤中具有高硫份且 SCR 系統有過多氨注入所造成，基本上若於靜電集塵器內形成硫酸銨或硫酸氫銨沾附，於運轉

期間是無法進行清除。然而以目前運轉之電廠而言若定期更換觸媒確保活性、改善煙氣之流場與流速後，氨的逸散量可有效被控制，上述問題應可有效解決。

然而 SCR 系統具有氨洩漏量並非全然是壞事，適度之氨洩漏可增加飛灰之結合特性，使極線或極板於清灰敲擊時能減少再逸散之情況發生，

### 三、硫氧化物防制技術

#### (一)相關營運問題與答覆內容

1. 使用海水法排煙脫硫設備(Seawater FGD)，主要吸收劑為海水之鈣、鎂離子，為有效去除硫氧化物，吸收塔內須注入大量海水，因此吸收塔內之相關設備被腐蝕的程度是否較石灰石石膏法排煙脫硫設備(limestone FGD)嚴重?

說明：

考量腐蝕程度之主要因素為溶液中之氯含量，以一般海水而言，其氯含量為 20,000 ppm，其用水為一次性即進行排放，相較於石灰石石膏法排煙脫硫設備，其溶液須加入大量之生水，考量營運成本、自來水廠所能供應之生水量及後續之廢水處理等，吸收塔內之溶液須經多次再循環，在到達一定之氯含量後才能排入廢水處理場，因此設備中之氯在多次再循環累積之下其含量約 25,000~40,000ppm 之間，相對而言海水法排煙脫硫設備因具有較低之氯含量，因此其腐蝕程度應較石灰石石膏法排煙脫硫設備輕微。

2. 在選擇洩漏式氣對氣熱交換器與非洩漏式氣對氣熱交換器時所需考量之因素為何?

說明：

(1)機組設計之排放濃度：

以台電公司之煙氣處理流程而言，選擇上述二項設備之考量因素為硫氧化物的排放濃度，因為當未處理煙氣含硫氧化物濃度高時(如 900ppm)，若採洩漏式氣對氣熱交換器，以洩漏比例 1%計，則煙氣出口濃度之基本排放濃度即為 9ppm 之產生，即使排煙脫硫設備之脫硫效率高達 98%，其出口濃度設計值僅能降至 27ppm。

(2)設備費用：

建造非洩漏式氣對氣熱交換器之成本約為洩漏式氣對氣熱交換器的 2~3 倍。

3. 海水法排煙脫硫設備(Seawater FGD)與石灰石石膏法排煙脫硫設備(limestone FGD)在設計除霧器時所須考量之因素有何不同?

說明：

(1)於設計上二者之除霧器是相似的，均含有二階段之除霧結構。

(2)因海水法排煙脫硫設備處理過程中不會形成固體而造成懸浮微粒，因此其除霧器並不會設計噴水除塵裝置。

#### 四、汞防制技術

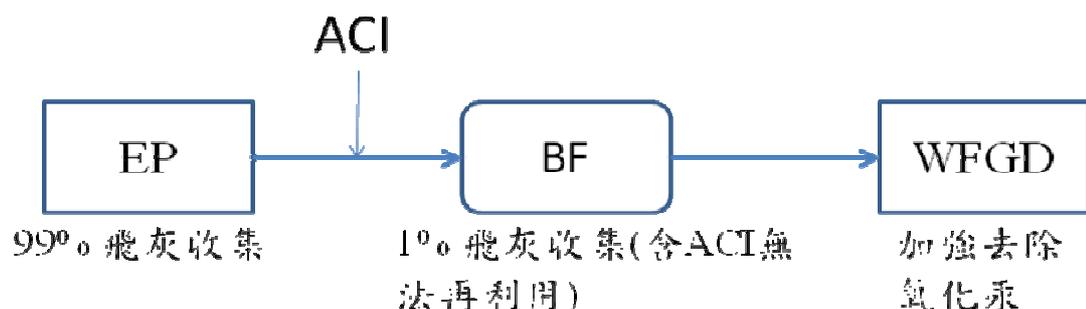
汞係為具高揮發性之空氣污染物，在空氣污染物中屬難以控制之項目，針對燃煤鍋爐汞的控制技術，目前已有許多方式可以達到 90% 以上的去除效率。在控制汞之排放濃度前，首先必須瞭解各機組實際上之燃煤來源與成份、燃燒鍋爐型式、鍋爐與防制設備操作條件(包含操作溫度、去除效率與觸媒活性等)，並依照現況排放情形進行分析後，再據以評估可行的控制技術。

在燃煤鍋爐中提取汞之難度很高，就如在 360 億顆白球中抽取 100 顆黑

球一樣困難，目前汞防制技術不外乎先將汞氧化後再進行捕捉，近年來新設或既有改善電廠為了去除氮氧化物、粒狀污染物及硫氧化物，已規劃並設置選擇性觸媒還原設備、高效率除塵設備及排煙脫硫設備等，這些設備之搭配已使機組具有相當之汞去除效率，然而若屬無法裝設上述設備之老舊電廠，僅以設置袋式集塵設備或靜電集塵器後，以注入活性碳吸附劑較為成熟。其它針對新設或既有機組可能採取之除汞方式為鍋爐燃燒後注入活性碳(Activated carbon injection, ACI)、粉煤機內注入氯(Cl<sub>2</sub>)、利用觸媒脫硝設備氧化汞與鍋爐中注中溴化物氧化汞，再藉由後端之高效率集塵設備(靜電集塵器(EP)或袋式集塵器(BF))及脫硫設備將氧化汞排入副產品中，如煤灰或石膏內，依其處理流程及其特性可分為以下幾種方式：

(一)粉煤機內注入氯(Cl<sub>2</sub>)，氯係為存在於燃煤中之元素，其含量視燃煤來源而具有差別，有些煤源小於 100ppm，有些恐大於 1000ppm，一般而言氯的含量是不會影響粉煤機，據相關研究成果增加 300~500ppm 之氯含量即可有效減少元素汞的排放，而不會造成鍋爐有任何影響，但若長期增加氯含量至 500~1000ppm 時則有可能會對鍋爐具有影響。

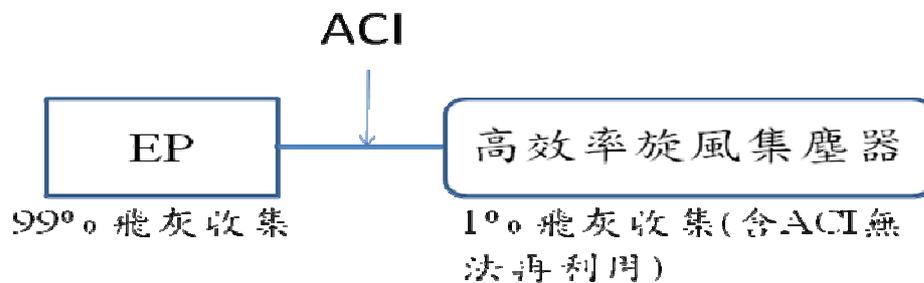
(二)有機組內注入活性碳雖會使汞氧化，但若於飛灰收集前即注入活性碳，則飛灰品質將會因此下降，甚至無法進行資源化再利用，而全數視為廢棄物進行處理，因此就有使用者提出先藉由靜電集塵器使大部分的灰先收集後，再注入活性碳氧化煙氣中之汞元素使之形成氧化汞或粒狀物結合汞，後端利用袋式集塵器收集飛灰、粒狀物結合汞及吸附於活性碳之氧化汞，並再裝設溼式脫煙脫硫設備(WFGD)加強去除氧化汞。



(三)若針對既設之粒狀污染物防制設備為靜電集塵器時，除可使用上述方法增設相關設備外，亦有使用者提出下述之改善方法稱為 TOXECON 與 EPRI TOXECON II：

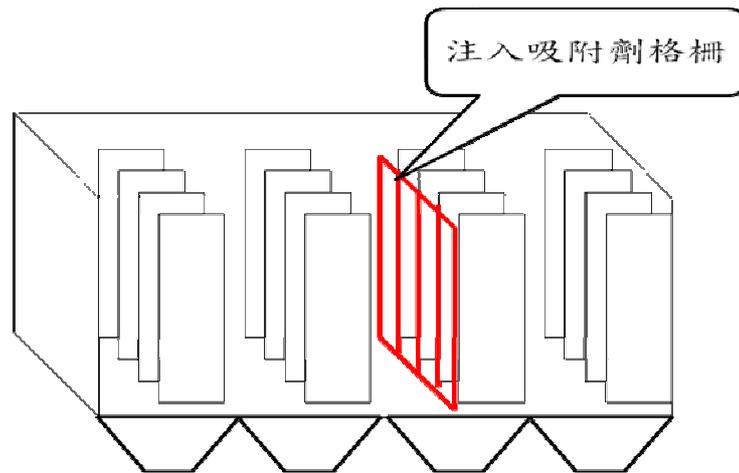
### 1. TOXECON：

前端先藉由靜電集塵器將約 99%的飛灰進行收集，再注入活性碳氧化煙氣中之汞元素使之形成氧化汞或粒狀物結合汞，再經由後端增設之高效率旋風集塵器收集剩餘 1%之飛灰、粒狀物結合汞及吸附於活性碳之氧化汞。



### 2. EPRI TOXECON II：

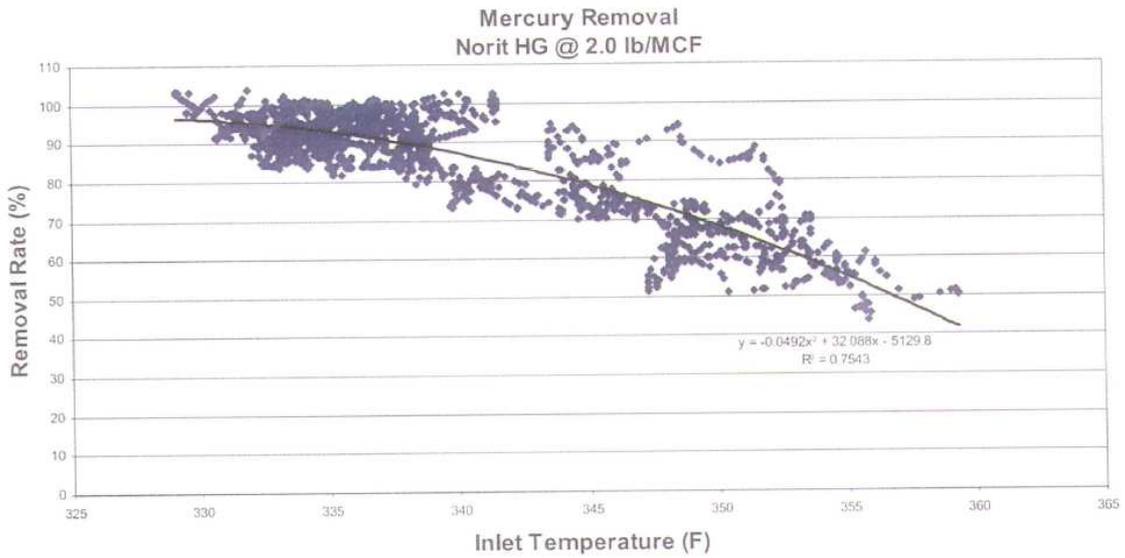
若原靜電集塵器具有 4 列垂直煙流方向之集塵室，於第 3 列之前端(視評估去除汞之效率後而進行調整)裝設注入汞吸附劑(如活性碳)之格柵，則飛灰、粒狀物結合汞及吸附於活性碳之氧化汞將被最後第 3~4 列之集塵室收集下來，本方式主要之優點為改善費用低，且不須於靜電集塵器後方再增設防制設備，但其缺點為最後第 3~4 列所收集之飛灰(約為總飛灰量之 10%~15%)，因含粒狀物結合汞及吸附於活性碳之氧化汞，則無法進行資源化再利用。



(四) 另有些者使用者認為活性碳會因煙氣中之  $\text{SO}_3$  而減少其氧化汞之能力，因此認為應先去除硫氧化物後再注入活性碳之除汞效果較好。

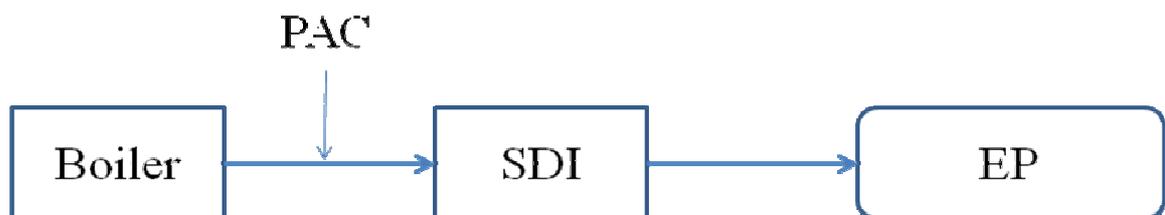


(五) 於高效率除塵設備(包含靜電集塵器或袋式集塵器)、SCR 設備或 SDI(乾式脫硫設備)前端注入 PAC(powdered activated carbon)，其中靜電集塵器前之注入量約為 3~6 lb/Macf (pounds per million actual cubic feet)，袋式集塵器前之注入量約為 2~4 lb/Macf，此為利用物理之吸附(adsorption)原理將汞去除，惟物理之鍵結相當微弱，容易因溫度上昇而使汞再度逸散因此若須使用 PAC 時，其處理流程具有一溫度上限為  $350^{\circ}\text{F}$ (如下圖所示)。

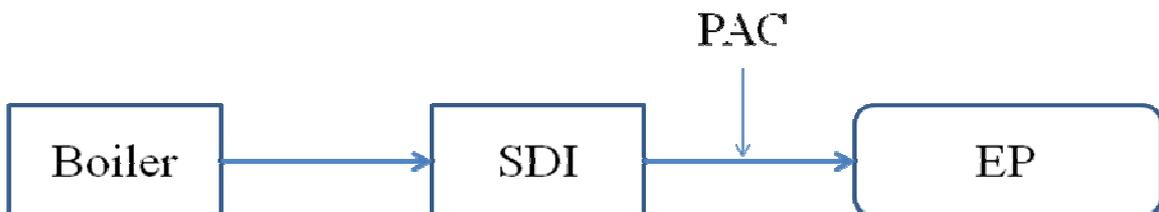


其處理流程可分為以下幾種方式：

1. 部分已設置 SDI 之業者認為，為避免影響飛灰之再利用，因此選定於 SDI 入口端注入 PAC，受氧化之汞及剩餘之 PAC 則可留在 SDI 之附產品中。



2. 經使用一段時間後，發現煙氣中之  $SO_3$  會減少 PAC 去除汞之效果，因此便改為 SDI 出口端注入 PAC，但卻影響飛灰再利用之問題。



(六)於溼式脫硫設備(WFGD)前注入(Additive injection)NaHS，其主要是與汞

產生  $\text{HgS}$  或  $\text{HgCO}_3$  之沈積物，其降低汞排放濃度之方式並非為大眾所能接受，主要係因其容易造成汞再逸散之現象，因此目前僅有 10~20% 之研究著重於此解決方式。

## 肆、美國環保法規之發展

### (一) 工業、商業及機構之鍋爐所訂定之最大可行控制技術(MACT, Maximum Achievable Control Technology)

美國環保署對於 MACT 之解釋為「MACT 係指使用於既有排放污染源中處理效率最佳的前 12 %的控制技術中，排名最好的技術；或是處理效率前 12%中所使用的任何一種控制技術」，以此為法規管制標的，其他 88%污染源必須改善符合該標準。其目的係使污染源業者依其本身所屬情形考量的基礎上，於符合法令限制的前提下，對於任何由主要排放設施所可能排放或衍生的污染物，透過製程變更或可行控制方法的選擇，將能源耗用、環境影響及經濟成本上的衝擊列入考慮之後，選擇用以控制排放之污染物，藉以達成該排放設施所能達到的最大程度削減量的技術或方法。

美國環保署於 2011 年 2 月 23 日提出本項之修正草案，內容為既存排放源須於 3 年內達到此標準，但有特殊情形者可再延長 1 年，所有既存排放源需於 4 年內達到此標準，。

#### 1.草案公告標準：

類別		懸浮微粒	氯化氫	汞	一氧化碳	戴奧辛
		lb/MBtu	lb/MBtu	lb/TBtu	ppm	ng/dscm
煤	既有	0.02	0.02	3	90	0.004
	新設	0.001	0.00006	2	90	0.002
油	既有	0.004	0.0009	1	1	0.002
	新設	0.002	0.0004	1	1	0.002
氣	既有	0.05	0.000003	1	1	0.009
	新設	0.003	0.000003	1	1	0.009

#### 2.適用對象、衝擊及對應措施：

- 發電量小於 25MW 或工業用鍋爐。

- 須使用洗滌器(乾式、溼式或循環式)或乾式吸附劑控制酸性氣體。
- 須使用活性碳及袋式集塵器以減少汞排放。
- 須藉由改善、調整等方式控制燃燒過程以減少一氧化碳排放。
- 可能需要使用天然氣鍋爐以替代規模較小或較老舊之燃煤鍋爐。

(二) 發電鍋爐之最大可行控制技術-空氣有害物質規定

該法係依據美國清空法(CAA)第 112 條制定，其目的為減少燃煤或石油為燃料之發電機組排放之有害之空氣污染物的規定，於 2011 年 3 月 16 日提出之修正草案係以技術可行性為基準，既存排放源須於 3 年內達到標準，但有特殊情形者可再延長 1 年，所有既存排放源需於 4 年內達到此標準，預計於 2011 年 11 月 16 日提出正式公告。

1. 草案公告標準：各項排放標準值：(參考：台電公司燃料熱值>8,300 BTU/lb)

管制對象	污染物	管制標準	備註
新設 設計燃煤值 >8,300 BTU/lb	A. 懸浮微粒(PM)	0.050 lb/Mwh	採氣體積需>4 dscm
	or 非汞-總重金屬含量	0.00004 lb/Mwh	採氣體積需>4 dscm Sb,As,Be,Cd,Cr,Co, Pb,Mn,Ni,Se 等 10 項
	or 各項重金屬 Sb	0.000080 lb/GWh	
	As	0.00020 lb/GWh	
	Be	0.000030 lb/GWh	
	Cd	0.00040 lb/GWh	
	Cr	0.020 lb/GWh	
	Co	0.00080 lb/GWh	
	Pb	0.00090 lb/GWh	
	Mn	0.0040 lb/GWh	
	Ni	0.0040 lb/GWh	
	Se	0.030 lb/GWh	
	B. HCl or SO <sub>2</sub>	0.30 lb/GWh 0.40 lb/MWh	採氣體積需>4 dscm SO <sub>2</sub> CEMS
C. 汞	0.00001 lb/Gwh	CEMS 或吸附劑	

管制對象	污染物	管制標準	備註	
新設	A. 懸浮微粒(PM)	0.050 lb/Mwh	採氣體積需>4 dscm	
	or 非汞-總重金屬含量	0.00004 lb/Mwh	採氣體積需>4 dscm Sb,As,Be,Cd,Cr,Co, Pb,Mn,Ni,Se 等 10 項	
	or 各項重金屬 Sb	0.000080 lb/GWh		
	As	0.00020 lb/GWh		
	Be	0.000030 lb/GWh		
	Cd	0.00040 lb/GWh		
	Cr	0.020 lb/GWh		
	Co	0.00080 lb/GWh		
	Pb	0.00090 lb/GWh		
	Mn	0.0040 lb/GWh		
	Ni	0.0040 lb/GWh		
	Se	0.030 lb/GWh		
	B. HCl or SO <sub>2</sub>	0.30 lb/GWh 0.40 lb/MWh	採氣體積需>4 dscm SO <sub>2</sub> CEMS	
C. 汞	<b>0.040 lb/Gwh</b>	CEMS 或吸附劑		
既存	懸浮微粒(PM)	0.30 lb/Mwh	採氣體積需>2 dscm	
	or 非汞-總重金屬含量	0.00040 lb/Mwh	採氣體積需>4 dscm Sb,As,Be,Cd,Cr,Co, Pb,Mn,Ni,Se 等 10 項	
	or 各項重金屬 Sb	0.0060 lb/GWh		
	As	0.020 lb/GWh		
	Be	0.0020 lb/GWh		
	Cd	0.0030 lb/GWh		
	Cr	0.030 lb/GWh		
	Co	0.0080 lb/GWh		
	Pb	0.020 lb/GWh		
	Mn	0.050 lb/GWh		
	Ni	0.040 lb/GWh		
	Se	0.060 lb/GWh		
	B. HCl or SO <sub>2</sub>	0.020 lb/MWh 2.0 lb/MWh	採氣體積需>0.75 dscm SO <sub>2</sub> CEMS	
	汞	<b>0.008 lb/Gwh</b>	CEMS 或吸附劑	
	設計燃煤值 <8,300 BTU/lb	懸浮微粒(PM)	0.30 lb/Mwh	採氣體積需>4 dscm
		非汞-總重金屬含量	0.0004 lb/Mwh	採氣體積需>4 dscm Sb,As,Be,Cd,Cr,Co, Pb,Mn,Ni,Se 等 10 項
		or 非汞-總重金屬含量	0.002~0.060 lb/Gwh	
		or 各項重金屬 Sb	0.0060 lb/GWh	
		As	0.020 lb/GWh	
		Be	0.0020 lb/GWh	
		Cd	0.0030 lb/GWh	
Cr		0.030 lb/GWh		
Co		0.0080 lb/GWh		
Pb		0.020 lb/GWh		
Mn		0.050 lb/GWh		
Ni	0.040 lb/GWh			
Se	0.060 lb/GWh			
B. HCl or SO <sub>2</sub>	0.020 lb/MWh 2.0 lb/MWh	採氣體積需>0.75 dscm SO <sub>2</sub> CEMS		
汞	<b>0.040 lb/Gwh</b>	CEMS 或吸附劑		

2. 其適用對象、衝擊及對應措施：

- 大於 25MW 之發電機組與汽電共生設施均視為主要排放源。
- 美國環保署不同意其他選擇性的標準(例如以健康角度設定之排放標準(HBEL))，主因是許多汽電共生設施其有害空氣污染物排放量高，若採用任何能較寬鬆的方式，無法有效降低整體之污染排放。
- 需設置先進且高品質的自動連續監測設施（汞、鹽酸或二氧化硫、懸浮微粒）。
- 須裝設設備以有效減少相關重金屬和汞之排放濃度。
- 須使用洗滌器(乾式、溼式或循環式)控制酸性氣體。
- 須使用活性炭及其它吸附劑注入之方法以減少汞排放。
- 為符合新的粒狀污染物排放標準和上項除汞之規劃，若既有之粒狀污染物防制設備採靜電集塵器，建議應進行改善或以袋式集塵器進行取代。
- 對於規模較小(小於 250MW)、較老舊或效率較低之機組恐須退役，而以天然氣鍋爐替代。

## 伍、心得與建議

- 一、目前在法規建立上，美國訂立之 MACT 係以既有排放污染源中處理效率最佳的前 12 % 的控制技術中，排名最好的技術；或是處理效率前 12% 中所使用的任何一種控制技術，以此為法規管制標的，要求其他 88% 污染源必須改善符合該標準，相較之下我國所訂立之排放標準缺乏完整的訂立基準說明，即便已公告認可準則、抵換減量交易辦法及空污費收費辦法，但為利於我國永續發展之道路其經濟誘因與補助方式仍具有努力的空間。
- 二、目前廠家對於氮氧化物、粒狀污染物及硫氧化物之污染防制技術，單一設備之去除效率係已達一定的瓶頸，若仍需降低排放濃度，業者所投資之改善費用將非常可觀，考量既設機組於規劃時係未預留足夠之改善空間，即便想努力改善空氣品質亦力有未殆，燃煤機組除購買較乾淨之燃煤(包含低硫煤、高熱值煤及低灰份煤等)外，僅能針對其運轉期間(包含起停期間)之穩定排放進行最佳化，因此 V-Temp 技術及 GR Fan 改善技術則應運而生，另藉由政府支持業者之更新改善計畫，並以符合市場機制的電價減輕電力業進行改善或更新計畫的負擔，更可以促使民眾或其他產業能改善其用電習慣，以減少燃料之使用，改善環境之空氣品質。
- 三、有關汞之污染防制，既設機組若具選擇性觸媒還原設備、高效率除塵設備及排煙脫硫設備，其汞去除效率約已可達 90%，如需進一步降低汞排放濃度，目前業者所採取之方式為注入活性炭、注入鹵化物或 NaHS、改裝靜電集塵器等為主，其中新設機組規劃則以煙氣經過選擇性觸媒還原設備-靜電集塵器-注入活性炭-袋式集塵器-排煙脫硫設備之流程較為可行，且對飛灰與石膏再利用之衝擊最小。
- 四、為維護環境空氣品質，目前本國環保署係研議各項修訂空污法之相關排放標準，以達空氣污染物減量之效益，雖然電力業必須面對減量壓力而須增加投資，但仍希望政府有適當的政策配套，以利業者順利推行更新與改善措施。